

MAI HỮU KHIÊM - NGUYỄN NGỌC HẠNH  
TRẦN MAI PHƯƠNG - HOÀNG KHOA ANH TUẤN

BÀI TẬP  
**HÓA LÝ**

TVT  
TIỆN  
**3.7**  
T/15



NHÀ XUẤT BẢN  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

# ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

Mai Hữu Khiêm (Chủ biên) - Nguyễn Ngọc Hanh

Trần Mai Phương - Hoàng Khoa Anh Tuấn

1 CÁC ĐẠI LƯƠNG ĐƯỢC SỬ DỤNG	5
2 NHIỆT ĐỘNG HÓA HỌC	9
2.1 Các biểu thức toán học thường sử dụng	6
2.2 Bài tập có lời giải	15
2.3 Đề bài tập	19
3 CĂN BẰNG PHẨM	36
3.1 Các biểu thức toán học thường sử dụng	36
3.2 Bài tập có lời giải	40
3.3 Đề bài tập	48
4 BÀI TẬP	52
4.1 Các biểu thức toán học thường sử dụng	52
4.2 Bài tập có lời giải	55
4.3 Đề bài tập	56
5 CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍM MÃI VÀ XÁP PHÙ	58
5.1 Các phương pháp tóm tắt	58
5.2 Bài tập có lời giải	62
5.3 Đề bài tập	66
6 ĐỘNG HÓA HỌC VÀ XỨC TẠC	68
6.1 Một số biểu thức thường dùng	68
6.2 Bài tập có lời giải	72
6.3 Đề bài tập	76
7 ĐIỀU HÓA HỌC	78
7.1 Một số biểu thức thường dùng	78
7.2 Bài tập có lời giải	82
7.3 Đề bài tập	86
8 THỦ VIỆN	88
8.1 Một số biểu thức thường dùng	88
8.2 Bài tập có lời giải	92
8.3 Đề bài tập	96
9 PHẦN TỐN CẢO (HÓA KHOA)	100
9.1 Một số biểu thức thường dùng	100
9.2 Bài tập có lời giải	104
9.3 Đề bài tập	108
NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH - 2014	112

# MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	5
KÝ HIỆU CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐƯỢC SỬ DỤNG	6
PHẦN 1. NHIỆT ĐỘNG HÓA HỌC	9
1.1 Các biểu thức toán học thường sử dụng	9
1.2 Bài tập có lời giải	15
1.3 Đề bài tập	19
PHẦN 2. CÂN BẰNG PHA	36
2.1 Các biểu thức toán học thường sử dụng	36
2.2 Bài tập có lời giải	40
2.3 Đề bài tập	68
PHẦN 3. CÁC HIỆN TƯỢNG BỀ MẶT VÀ HẤP PHỤ	82
3.1 Các biểu thức toán học thường sử dụng	82
3.2 Bài tập có lời giải	85
3.3 Đề bài tập	86
PHẦN 4. ĐỘNG HÓA HỌC VÀ XÚC TÁC	90
4.1 Một số biểu thức toán thường được sử dụng	90
4.2 Bài tập có lời giải	95
4.3 Đề bài tập	106
PHẦN 5. ĐIỆN HÓA HỌC	125
5.1 Một số biểu thức thường dùng	125
5.2 Bài tập có lời giải	130
5.3 Đề bài tập	142
PHẦN 6. CÁC HỆ PHÂN TÁN CAO (HÓA KEO)	156
6.1 Một số biểu thức thường dùng	156
6.2 Câu hỏi	164

MỤC LỤC	
6.3 Bài tập có lời giải	171
6.4 Đề bài tập	180
<b>ĐÁP SỐ CÁC BÀI TẬP</b>	<b>191</b>
<b>PHỤ LỤC</b>	<b>203</b>
1. Các hằng số vật lý thường dùng	203
2. Tên gọi và ký hiệu đơn vị các đại lượng vật lý	204
3. Các tiếp đầu ngữ và các nhân tử để tạo thành các đơn vị bội và ước thập phân của các đơn vị	205
4. Bảng đơn vị các đại lượng hình học và cơ học*	206
5. Mối liên hệ giữa các đơn vị độ dài	207
6. Mối liên hệ giữa các đơn vị áp suất	208
7. Mối liên hệ giữa các đơn vị công và năng lượng	209
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	<b>210</b>
8.1 Các phép tính cơ bản về lượng giác	
8.2 Đề bài có lời giải	
8.3 Đề bài tập	
<b>PHẦN 4: ĐỘNG HỌA HỌC - ÁP DỤNG</b>	
9.1 Một số phép tính lượng giác đơn giản	
9.2 Đề bài có lời giải	
9.3 Đề bài tập	
<b>PHẦN 5: DINH HỌA HỌC</b>	
9.1 Một số phép tính lượng giác đơn giản	
9.2 Đề bài có lời giải	
9.3 Đề bài tập	
<b>PHẦN 6: CÁC HÌNH HÌNH TÀN CAO (HỌA KÈO)</b>	
9.1 Một số phép tính lượng giác đơn giản	
9.2 Đề bài có lời giải	
9.3 Đề bài tập	
<b>PHẦN 7: CÁC HÌNH HÌNH CAO (HỌA KÈO)</b>	

## Lời nói đầu

Cũng như nhiều môn học khác, BÀI TẬP HÓA LÝ là một khâu quan trọng phục vụ cho việc học tập, nắm vững lý thuyết của môn học HÓA LÝ. Vì vậy để đáp ứng nhu cầu giảng dạy, học tập môn Hóa Lý, cán bộ giảng dạy bộ môn Công nghệ Hóa lý Trường ĐHBK - ĐHQG TPHCM đã hợp tác soạn quyển BÀI TẬP HÓA LÝ này, chọn lựa các bài tập sát với chương trình đào tạo với vai trò của môn học cơ sở cho các ngành Hóa kỹ thuật, Thực phẩm, Kỹ thuật sinh học, Vật liệu, Vật liệu xây dựng v.v... Tùy thuộc vào chương trình đào tạo của các chuyên ngành với mức độ chuyên sâu khác nhau, các thầy, cô có thể chọn lựa các bài tập, và ví dụ thích hợp để giới thiệu, hướng dẫn sinh viên tự giải.

Cuốn BÀI TẬP HÓA LÝ được phân thành 6 phần (mà không tách theo các chương nhỏ) nhằm giúp sinh viên có khái niệm tổng quát hơn trong ôn luyện phần lý thuyết có liên quan để giải bài tập tương ứng.

Quyển sách được soạn bởi tập thể các tác giả:

ThS. Trần Mai Phương (phần 1 và 3),

ThS. Hoàng Khoa Anh Tuấn (phần 2),

TS. Nguyễn Ngọc Hạnh (phần 4),

PGS.TS. Mai Hữu Khiêm (chủ biên và các phần 5, 6). Để tránh lặp lại chi tiết phần lý thuyết, trước khi giới thiệu bài tập mẫu qua từng bài tập có lời giải chúng tôi chỉ giới thiệu tóm tắt các phương trình quan trọng thường được dùng. Cuối các phần đều có đề bài tập tự giải. Riêng phần 6 (Hóa keo) do có tính chất lý thuyết nhiều nên tác giả đưa thêm các câu hỏi có tính chất gợi ý, hướng dẫn để người học dễ khai quát được nội dung lý thuyết đã học. Hy vọng sách sẽ giúp ích nhiều cho sinh viên học theo hệ tín chỉ.

Các đại lượng được sử dụng trong cuốn sách chủ yếu tính theo hệ đơn vị quốc tế SI hay CGS, song đến nay theo thói quen nhiều tài liệu vẫn dùng các đơn vị thông dụng, nên chúng tôi cũng lồng vào sử dụng ở đây để học viên có thể linh hoạt chuyển đổi qua lại khi giải bài tập. Các lần tái bản sau có thể giảm dần các trường hợp này và sử dụng nhất quán hơn theo hệ quốc tế hiện hành.

Do chưa có kinh nghiệm điều hòa giữa các phần trong cách trình bày và kiến thức của tác giả còr bị giới hạn, nên quyển sách chưa được hoàn hảo, chắc không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi rất chân thành hoan nghênh và biết ơn những ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và bạn đọc.

Các tác giả

## Ký hiệu các đại lượng được sử dụng

Ký hiệu	Tên đại lượng
<b>A</b>	Công; hằng số Hamaker; hằng số phương trình giới hạn Debye – Huckel
<b>a, <math>a_c</math>, <math>a_m</math></b>	Hoạt độ (tương ứng loại nồng độ)
<b>B</b>	Hệ số ma sát
<b>C, <math>C_m</math></b>	Nồng độ; số độ tự do (C)
<b>C<sub>k</sub></b>	Nguồn keo tụ
<b>C, <math>C_p</math>, <math>C_v</math></b>	Nhiệt dung, tỷ nhiệt, nồng độ
<b>D</b>	Hệ số khuếch tán, độ thẩm điện môi tương đối
<b>D<sub>o</sub></b>	Mật độ quang
<b>d</b>	Khối lượng riêng, khối lượng riêng của pha phân tán
<b>d<sub>o</sub></b>	Khối lượng riêng của môi trường phân tán
<b>E</b>	Năng lượng hoạt hóa; sức điện động của pin; điện thế điện trường; môđun dàn hồi
<b>e</b>	Điện tích điện tử; số nepe
<b>F</b>	Hàm Helmholtz (thể đẳng tích)
<b>f</b>	Hệ số chảy; tỷ số nguồn keo tụ; số pha
<b>G</b>	Năng lượng Gibbs (thể đẳng áp)
<b>g</b>	Gia tốc trọng trường
<b>H</b>	Entropy
<b>h</b>	Hằng số Planck;
<b>I</b>	Cường độ dòng điện; lực ion ( $I_n$ , $I_s$ )
<b>i</b>	Hệ số Van't Hoff; độ trương (CPT)
<b>K, <math>K_p</math>, <math>K_c</math></b>	Hằng số cân bằng
<b>K<sub>D</sub></b>	Hằng số điện ly
<b>K<sub>D</sub></b>	Hằng số Debye
<b>k, <math>k_i</math></b>	Hằng số tốc độ phản ứng; hằng số tốc độ trương;
	Hằng số Boltzmann ( $k$ , $k_B$ ); số cấu tử ( $k$ )
<b>k<sub>d</sub></b>	Hệ số hình dạng hạt
<b>k<sub>s</sub></b>	Hằng số tốc độ keo tụ
<b>K<sub>nh</sub></b>	Hằng số tốc độ keo tụ nhanh

Ký hiệu	Tên đại lượng
M	Khối lượng phân tử
m	Khối lượng; nồng độ molan
N, N <sub>o</sub>	Số Avogadro
P, p	Áp suất; ứng suất
P <sub>d</sub>	Ứng suất phá vỡ kết cấu
Q, q	Nhiệt; tốc độ thể tích
Q <sub>t</sub>	Nhiệt trao đổi
R	Hằng số khí thông dụng, số hợp phần
r	Bán kính hạt
r <sub>p</sub>	Bán kính mao quản
S	Entropy; bề mặt; tiết diện dòng chảy
S <sub>o</sub>	Độ phân tán
S <sub>sal</sub>	Độ sa lăng
T	Nhiệt độ (theo °K)
t	Nhiệt độ (theo °C); Thời gian
U	Nội năng; hiệu thế điện thế
U <sub>t</sub> , U <sub>d</sub> , U <sub>h</sub>	Năng lượng tương tác (tổng, đẩy, hút)
u	Tốc độ dài
V, v	Thể tích
v <sub>o+</sub> , v <sub>o-</sub>	Tốc độ tuyệt đối của ion (hay linh độ của các ion)
v <sub>+</sub> , v <sub>-</sub>	Tốc độ chuyển vận của ion
V <sub>K</sub>	Khả năng keo tụ ( $V_K = \frac{1}{C_K}$ )
Z, Z <sub>+</sub> , Z <sub>-</sub>	Điện tích của ion
W	Tốc độ phản ứng...
Γ	Độ hấp phụ
Γ <sub>o</sub> , Γ <sub>m</sub>	Độ hấp phụ đạt bão hòa
α	Độ điện ly; độ phân ly các chất; độ trương (CPT)
α <sub>M</sub>	Hằng số của các dãy đồng đẳng (của CPT)
β	Xác suất đứt dây chuyên
γ	Hệ số hoạt độ; hệ số hoạt áp; hệ số Van't Hoff

Ký hiệu	Tên đại lượng
$\gamma_+, \gamma_-, \gamma_{\pm}$	Hệ số hoạt độ của các loại ion; hệ số hoạt độ trung bình của chất điện ly
$\Delta X$	Quãng đường dịch chuyển trung bình
$\delta$	Chiều dày lớp khuếch tán
$\epsilon$	Độ thẩm điện môi (tuyệt đối): độ biến dạng; hệ số hấp thụ ánh sáng
$\epsilon_0$	Hằng số điện môi (hay độ thẩm điện môi chân không) $\epsilon_0 = 8,885 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
$\zeta$	Điện thế điện động (lớp d.t. kép)
$\eta$	Độ nhớt; điện tích bề mặt (LĐTK)
[η]	Độ nhớt đặc trưng
$\eta_o$	Độ nhớt của môi trường phân tán
$\eta_r$	Độ nhớt riêng
$\theta$	Tỷ số bề mặt bị che phủ; thời gian bán keo tụ
$\chi$	Độ dẫn điện riêng; nồng độ mol phần; độ hấp phụ
$\lambda$	Độ dẫn điện đương lượng; Nhiệt chuyển pha; độ dài của bước sóng ánh sáng
$\lambda_{\infty}, \lambda_m$	Độ dẫn điện đương lượng của dung dịch vô cùng loãng
$\mu$	Thể hóa học
$v$	Nồng độ hạt (hóa keo); tần số dao động
$\Pi$	Áp suất thẩm thấu; số $\pi = 3,1416 \dots$
$\rho$	Điện trở suất
$\Sigma$	Tổng
$\sigma$	Sức căng bề mặt
$\sigma_{AB}$	Bán kính hiện dụng của va chạm
	Độ đục (độ thấu qua); thời gian.
$\tau_{1/2}$	Chu kỳ bán hủy.
$\Phi, \Phi_+, \Phi_-$	Thể hấp phụ; thể hấp phụ các ion
$\varphi$	Điện thế; điện thế điện cực
$\varphi_1$	Điện thế trên lớp Stern
$\varphi_\delta$	Điện thế trên lớp khuếch tán (khoảng cách $\delta$ )
$\varphi^0$	Điện thế điện cực chuẩn
$\omega$	Tốc độ góc (tốc độ quay); độ dẫn điện

# Phần 1

## NHIỆT ĐỘNG HÓA HỌC

(Áp dụng các nguyên lý của nhiệt động học vào các quá trình hóa học)

### 1.1 CÁC BIỂU THỨC TOÁN HỌC THƯỜNG SỬ DỤNG

#### Nguyên lý 1:

Quy ước dấu của các đại lượng công và nhiệt như sau:

	Công	Nhiệt (Q, ΔH, ΔU, λ)
Hệ sinh	A dương ( $A > 0$ )	Q âm ( $Q < 0$ )
Hệ nhận	A âm ( $A < 0$ )	Q dương ( $Q > 0$ )

Biểu thức toán của nguyên lý thứ nhất:

$$\Delta U = Q - A \quad (1.1)$$

Nguyên lý thứ nhất cho quá trình vô cùng nhỏ:

$$dU = \delta Q - \delta A \quad (1.2)$$

Nếu công A chỉ có công thể tích:

$$\Delta U = Q - \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (1.3)$$

Nếu quá trình đẳng tích ( $V = \text{const}$  hay  $dV = 0$ ):

$$A_v = \int_{V_1}^{V_2} P dV = 0; \quad Q = \Delta U \quad (1.4)$$

Nếu quá trình đẳng áp ( $P = \text{const}$  hay  $dP = 0$ ):

$$A_P = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P(V_2 - V_1)$$

$$Q_P = \Delta(U + PV) = \Delta H \quad (1.4)$$

Quá trình giãn nở hay nén đẳng nhiệt khí lý tưởng, do  $\Delta U_T = 0$  nên

$$Q_T = A_T = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nRT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (1.5)$$

### **Định luật Hess, hệ quả và mở rộng của định luật Hess:**

Trong quá trình đẳng áp hoặc đẳng tích, nhiệt phản ứng chỉ phụ thuộc trạng thái đầu và trạng thái cuối:

Quá trình đẳng áp:  $Q_P = \Delta H$

Quá trình đẳng tích:  $Q_v = \Delta U$  (1.6)

$\Delta H_{\text{nghịch}} = -\Delta H_{\text{thuận}}$  (1.6a)

$\Delta H_{\text{phản ứng}} = \sum \Delta H_{\text{sản phẩm}}^{\text{sinh}} - \sum \Delta H_{\text{chất đầu}}^{\text{sinh}}$  (1.6b)

$\Delta H_{\text{phản ứng}} = \sum \Delta H_{\text{chất đầu}}^{\text{cháy}} - \sum \Delta H_{\text{sản phẩm}}^{\text{cháy}}$  (1.6c)

$\Delta H_{\text{phản ứng}} = \sum E_{\text{liên kết chất đầu}} - \sum E_{\text{liên kết sản phẩm}}$  (1.6d)

$\Delta H_{\text{pha loãng}} C_1 \rightarrow C_2 = \Delta H_{\text{hòa tan}} \rightarrow C_2 - \Delta H_{\text{hòa tan}} \rightarrow C_1$  (1.6e)

### **Nhiệt dung**

Nhiệt dung thực:  $C = \frac{\delta Q}{dT}$  (1.7)

Nhiệt dung trung bình trong khoảng nhiệt độ  $T_1 - T_2$ :

$$\bar{C} = \frac{Q}{T_2 - T_1} = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1.7a)$$

Quan hệ giữa nhiệt dung đẳng áp và nhiệt dung đẳng tích khí lý tưởng:

$$C_p = C_v + R \quad (1.8)$$

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến nhiệt dung (công thức thực nghiệm):

$$C_p = a_o + a_1 T + a_2 T^2 \quad \text{hoặc} \quad C_p = a_o + a_1 T + a_2 T^{-2} \quad (1.9)$$

Tổng quát:  $C_p = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_{-2} T^{-2} = \sum_{i=0,1,2,-2} (a_i T^i)$

### Nhiệt hóa học

$$\text{Entropy } H = U + PV \quad (1.10)$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) \quad (1.10a)$$

Đối với hệ rắn, lỏng:  $\Delta(PV) \approx 0; \Delta H \approx \Delta U$

Đối với khí lý tưởng, đẳng nhiệt:

$$\Delta(PV) = \Delta(nRT) = RT \cdot \Delta n$$

$$\Delta H = \Delta U + RT \cdot \Delta n \quad (1.11)$$

$$\Delta n = \sum n_i, \text{ khí sản phẩm} - \sum n_j, \text{ khí chất đầu} \quad (\text{theo phương trình phản ứng})$$

### Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu ứng nhiệt của phản ứng

Định luật Kirchhoff:

$$\left( \frac{\partial \Delta H}{\partial T} \right)_p = \Delta C_p \quad (1.12)$$

$$\left( \frac{\partial \Delta U}{\partial T} \right)_V = \Delta C_V \quad (1.13)$$

Dạng tích phân của định luật Kirchhoff:

$$a) \quad \Delta H_T = \Delta H_0 + \int_0^T \Delta C_p \cdot dT \quad (1.12a)$$

$\Delta H_0$ : hằng số tích phân, được xem là hiệu ứng nhiệt ở  $0^\circ K$  (ngoại suy)

$$b) \quad \Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p \cdot dT \quad (1.12b)$$

trong đó  $\Delta H_{T_1}$  là hiệu ứng nhiệt của phản ứng ở nhiệt độ  $T_1^\circ K$

Khi  $\Delta C_p = \text{const}$

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta C_p (T_2 - T_1)$$

### Entropy (S) và tính toán biến thiên entropy ( $\Delta S$ )

Định nghĩa biến thiên entropy (của Clausius):

$$\Delta S = \frac{Q_{TN}}{T} \quad (\text{cal/mol.}^\circ K, \text{ J/mol.}^\circ K) \quad (1.14)$$

$$\text{Quá trình vô cùng nhỏ: } dS = \frac{\delta Q_{TN}}{T} \quad (1.15)$$

Gia nhiệt hay làm lạnh thuận nghịch:

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} C_P \cdot \frac{dT}{T}; \quad \Delta S = \int_{T_1}^{T_2} C_v \cdot \frac{dT}{T}$$

Chuyển pha thuận nghịch:

$$\Delta S_T = \frac{\Delta H_T}{T} = \frac{\lambda}{T}$$

Khí lý tưởng giãn nở (hay nén) đẳng nhiệt thuận nghịch:

$$\Delta S_T = nR \ln \frac{V_2}{V_1} = nR \ln \frac{P_1}{P_2}$$

Phản ứng hóa học ở nhiệt độ  $T = const$ :

$$\Delta S_{\text{phản ứng}} = \sum S_{\text{sản phẩm}}^o - \sum S_{\text{chất đầu}}^o$$

trong đó  $S_T$  là entropy tuyệt đối của các chất

### **Nguyên lý 2 của nhiệt động học**

Đối với một quá trình bất kỳ:  $\Delta S \geq \frac{Q}{T}$  (1.16)

Với quá trình vô cùng nhỏ:  $dS \geq \frac{\delta Q}{T}$  (1.17)

Dạng tích phân  $\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T}$

### **Chiều của quá trình trong hệ cô lập (đoạn nhiệt $\delta Q = 0$ )**

Nếu  $dS_{\text{cô lập}} > 0$  ( $S$  tăng): quá trình tự xảy ra (1.18)

Nếu  $dS = 0$  và  $d^2S < 0 \Rightarrow S_{\text{max}}$ : quá trình đạt cân bằng

### **Thé nhiệt động đẳng nhiệt, đẳng áp G (năng lượng Gibbs)**

$$G = H - TS \quad (1.19)$$

Nếu quá trình đẳng nhiệt:  $\Delta G_T = \Delta H_T - T\Delta S_T$  (1.19a)

### **Thé nhiệt động đẳng nhiệt, đẳng tích F (năng lượng Helmholtz)**

$$F = U - TS \quad (1.20)$$

Nếu quá trình đẳng nhiệt:  $\Delta F_T = \Delta U_T - T\Delta S_T$  (1.20a)

**Tiêu chuẩn xét chiều trong hệ đẳng nhiệt, đẳng áp ( $dP=0, dT=0$ )**

Nếu  $dG < 0 \Rightarrow$  quá trình tự xảy ra (1.21)

Nếu  $dG = 0$  và  $d^2G > 0 \Rightarrow G_{\min}$ : quá trình đạt cân bằng

**Tiêu chuẩn xét chiều trong hệ đẳng nhiệt, đẳng tích ( $dV=0, dT=0$ )**

Nếu  $dF < 0 \Rightarrow$  quá trình tự xảy ra (1.22)

Nếu  $dF = 0$  và  $d^2F > 0 \Rightarrow F_{\min}$ : quá trình đạt cân bằng

### Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm nhiệt động

Phương trình Gibbs-Helmholtz:

$$\frac{\partial}{\partial T} \left( \frac{\Delta G}{T} \right)_P = -\frac{\Delta H}{T^2}; \quad \frac{\partial}{\partial T} \left( \frac{\Delta F}{T} \right)_V = -\frac{\Delta U}{T^2} \quad (1.23)$$

Tích phân bất định:

$$\Delta G_T = -T \cdot \int \left( \frac{\Delta H}{T^2} \right) dT + J \cdot T; \quad \Delta F_T = -T \cdot \int \left( \frac{\Delta U}{T^2} \right) dT + J \cdot T \quad (1.23a)$$

$$\Delta G_T = \Delta H_o - T \cdot \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T^2} \int \Delta C_p dT + J \cdot T \quad (1.23b)$$

Nếu tích phân từ nhiệt độ  $T_1$  đến  $T_2$ :

$$\frac{\Delta G_{T_2}}{T_2} = \frac{\Delta G_{T_1}}{T_1} - \int_{T_1}^{T_2} \left( \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^T \Delta C_p dT \right) \frac{dT}{T^2} \quad (1.23c)$$

trong đó  $\Delta H_T$  tính theo phương trình định luật Kirchhoff (1.12a)

Khi  $\Delta H = \text{const}$  (hay  $\Delta C_P = 0$ ):  $\Delta G = \Delta H + J \cdot T$

$$\frac{\Delta G_{T_2}}{T_2} = \frac{\Delta G_{T_1}}{T_1} + \Delta H \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1.23d)$$

Phương trình Temkin-Swartsman:

$$\Delta G_T = \Delta H_{298} - T \cdot \Delta S_{298} - T \cdot \sum a_i M_i \quad (1.24)$$

( $M_i$ : tra trong sổ tay)